

SIMULACE A OPTIMALIZACE MULTIPRODUKTOVÝCH VÝROB

Jan Vrzák, Vladimír Hanta

Vysoká škola chemicko-technologická Praha, Ústav počítačové a řídicí techniky

Klíčová slova: multiproduktové výroby, simulační program Witness, modelování a simulace.

1. Úvod

Multiproduktové várkové výroby jsou typické pro řadu nejrůznějších průmyslových odvětví. Takové výroby jsou charakteristické především vysokou přidanou hodnotou vyráběných produktů a relativně malými vyráběnými množstvími. Jedná se například o farmaceutické výrobky, chemické speciality, polymery, elektroniku apod. Z pohledu řízení je typickým rysem multiproduktových výroby vysoká „složitost“ problému z hlediska krátkodobého i dlouhodobého plánování a rozvrhování. Obecnou úlohou je určení velikosti výrobních dávek, pořadí vyráběných produktů, rozvržení sdílení výrobních zdrojů (např. materiálu, výrobního zařízení, skladovacích kapacit) za účelem optimalizace daného kritéria (minimalizace průběžné doby výroby, minimalizace celkových výrobních nákladů, maximalizace využití kapacity výrobního zařízení, maximalizace plynulosti hmotných toků apod.). Takové úlohy jsou NP-úplné (tj. neexistuje efektivní algoritmus, který by je řešil v polynomiálním čase) a jejich složitost roste exponenciálně s jejich velikostí. Pro řešení takových úloh se často používají pravděpodobnostní optimalizační algoritmy (např. metoda simulovaného žíhání), které sice nezaručují globální optimum, nicméně jsou schopny v „rozumném“ čase poskytnout „dobré“ řešení.

V této práci je ukázán zjednodušený příklad multiproduktové výroby polovodičů. V simulačním programu Witness 2006 byl sestaven jeho model a následně použita metoda simulovaného žíhání pro stanovení výrobních dávek jednotlivých výrobních skupin. Kritériem byla průběžná doba výroby. Simulační experimenty zároveň umožňují sledovat využití výrobního zařízení a identifikaci úzkých profilů.

2. Multiproduktové výroby v simulátoru Witness

Schéma výroby včetně toků jednotlivých produktů je zachyceno na obr. č.1. Charakteristickými znaky tohoto typu výrob je:

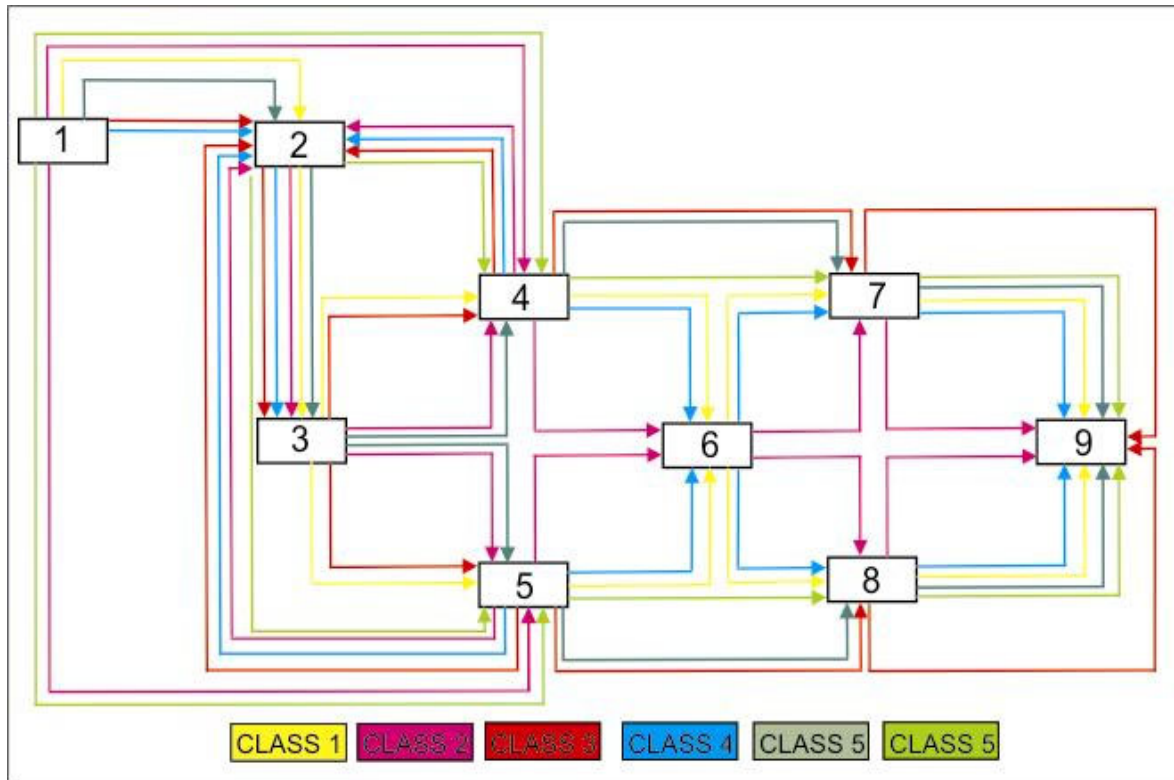
- jednotlivé výrobky či skupiny výrobků sledují různé toky, navštěvují jednotlivá výrobní zařízení v různém pořadí,
- výrobní toky mohou obsahovat cykly, tzn. výrobek může navštívit konkrétní výrobní zařízení více než jednou,
- jednotlivé výrobky či skupiny sdílejí zdroje (výrobních a skladovacích kapacit, lidské zdroje apod.).
- mohou existovat paralelní výrobní zařízení (taková, která provádí stejnou operaci).

Při tvorbě modelu musíme brát též ohled na skladovací politiku rozpracované výroby a její modelování. Obecně se používají dva přístupy – omezené a neomezené skladování rozpracované výroby. V tomto modelu byl přijat následující přístup – pomocí simulačních experimentů byly identifikovány úzké profily a před úzkoprofilová zařízení umístěny zásobníky. V případě, že mezi dvěma výrobními zařízeními není umístěn zásobník, uvažujeme skladovací prostor jako omezený kapacitou dopravníku.

V systému se mohou nacházet paralelní výrobní zařízení, tj. 2 a více výrobních zařízení, které provádějí stejnou výrobní operaci a výrobek prochází pouze jedním z nich. V našem případě se jedná o operace 3 a 4 a operace 7 a 8 (viz. obr. č.1). Například výrobek z výrobní skupiny *Class 1* jde po prvních třech operacích (1, 2 a 3) buď do operace 4

nebo 5. Následně jde do operace 6, z ní do operace 7 nebo 8 a konečně do operace 9. Zda po operaci 3 navštíví operaci 4 nebo 5 závisí na frontě před touto operací. Výrobek tedy v případě vstupu do paralelního výrobního zařízení volí takové, před kterým je menší fronta nesplněných požadavků.

Podle jednotlivých výrobních toků je třeba namodelovat jejich průchod systémem. Je nutno poznamenat, že počet výrobních tříd nemusí odpovídat počtu výrobků. Dobrým zjednodušením je sdružit výrobky se stejnými toky do jedné výrobní třídy.



Obr. č. 1 – Layout multiproduktové výroby

3. Optimalizace výrobního programu

V tabulce č. 1 je uveden příklad výrobního programu. Naším cílem je optimalizovat velikost výrobních dávek pro jednotlivé výrobní třídy. Omezující podmínky jsou takové, že dávka musí být pouze celistvá. Tedy například pro výrobní skupinu 1 může být velikost dávky 1 – 30.

Product Class	Demand [units]	Batch Size [units]
1	30	?
2	30	?
3	30	?
4	30	?
5	30	?
6	30	?

Tab. č. 1 – Příklad požadavku na výrobu

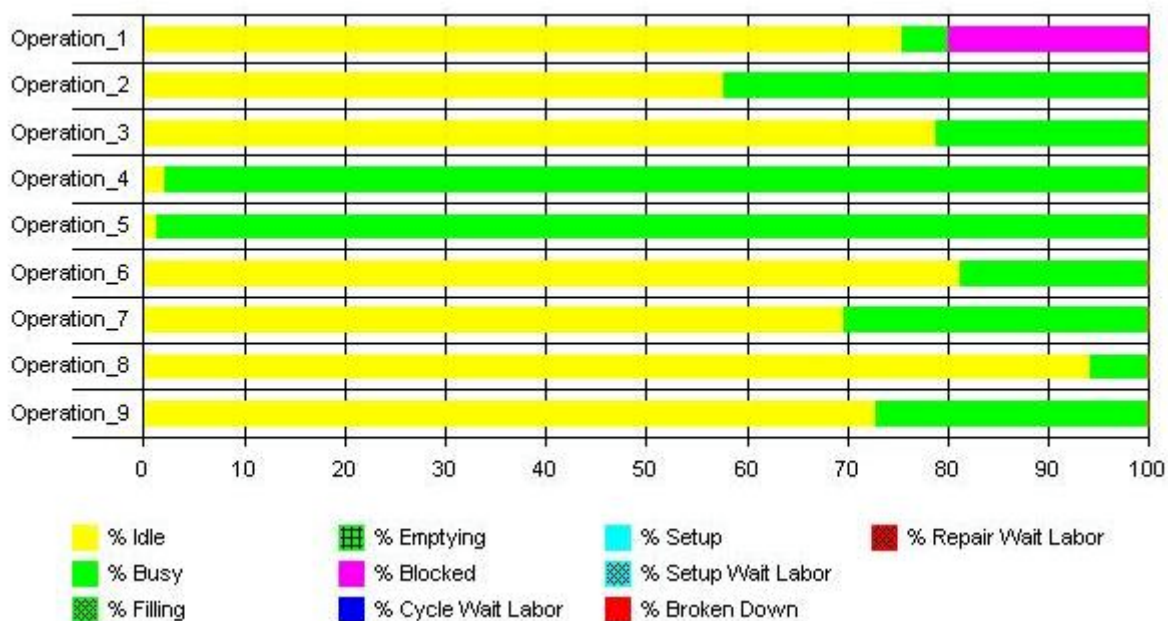
Teoreticky bychom mohli pro nalezení optima využít totální enumeraci, tj. ověřit všechny možné kombinace výrobních dávek jednotlivých tříd. Tady však narážíme na potíže spojené s rozsahem úlohy. Celkový počet kombinací je 30^6 tedy přibližně 730 milionů.

Výpočet pomocí totální enumerace by v prostředí Witness 2006 trval přibližně 25 dnů (CPU 2,40 GHz, 512 MB RAM)

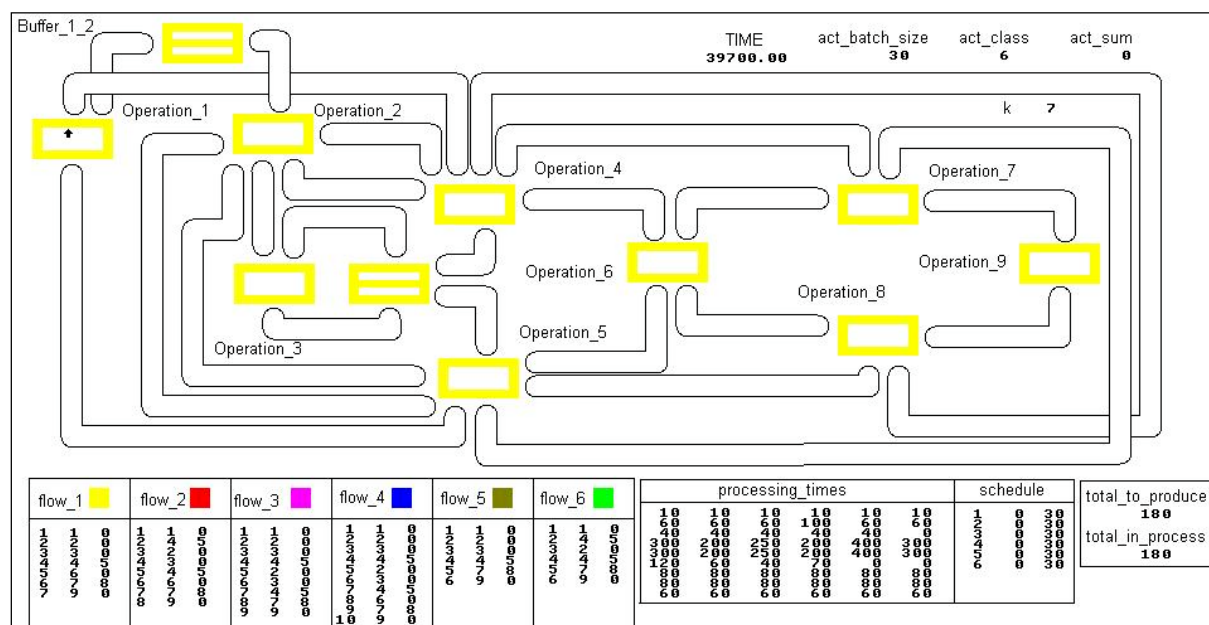
Pro nalezení velikosti dávek byla použita pravděpodobnostní optimalizační metoda *SA* (*Simulated Annealing – Simulované žhání*), která je implementována v modulu *Optimizer*. Jako kritérium optimalizace doba potřebná na výrobu daného požadavku. V tabulce č. 2 je uvedeno prvních 20 nejlepších řešení. Obr. č. 2 zachycuje statistickou zprávu využití výrobního zařízení v simulačním experimentu pro nejlepší nalezené řešení. Na obr. č. 3 je uveden screenshot celkové situace v prostředí simulačního programu Witness 2006.

Evaluation	obj_time	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4	Class 5	Class 6
91	39350	2	27	13	12	22	14
181	39350	2	27	12	12	30	12
207	39350	2	27	12	12	10	13
215	39350	2	27	12	12	1	13
224	39350	2	27	12	12	10	14
226	39350	2	27	12	12	20	14
385	39350	2	28	12	12	20	14
390	39350	2	28	12	12	10	14
397	39350	2	28	12	12	11	14
160	39350	2	27	12	12	22	12
169	39350	2	27	12	12	20	12
151	39350	2	27	12	12	11	13
155	39350	2	27	12	12	21	13
156	39350	2	27	12	12	21	12
143	39350	2	27	12	12	11	14
135	39350	2	27	12	12	1	14
121	39350	2	27	13	12	13	14
133	39350	2	27	13	12	1	14
78	39360	2	27	13	13	12	4
66	39360	2	27	13	13	12	14

Tab. č. 2 – Výstup optimalizace – 20 nejlepších řešení



Obr. č. 2 – Využití výrobního zařízení



Obr. č. 3 – Simulace v programu Witness 2006

4. Závěr

Pro řešení optimalizačních úloh v multiproduktových výrobních systémech jako je například optimalizace velikosti výrobních dávek se používají různé metody. Jedná se např. o matematické programování, metody založené na Petriho sítích či počítačovou simulaci. První dvě uvedené jsou většinou pro praktické užití poněkud nevhodné, zejména pro složitější a rozsáhlejší úlohy. Výhoda počítačové simulace spočívá v poměrně snadném způsobu modelování daného systému. Dále, pokročilé optimalizační techniky implementované v modulu *Optimizer* umožňují snadno provádět optimalizační úlohy. V našem případě se jednalo o optimalizaci velikostí výrobních dávek daného výrobního programu za použití metody *SA - simulovaného žihání*. Tato metoda sice nezaručuje globální optimum, nicméně poskytuje „dobré“ řešení.

5. Literatura

- [1] Azzaro-Pantel C. et al.: A Two-stage Methodology for Short-term Batch Plant Scheduling: Discrete Event Simulation and Genetic Algorithm. *Computers and Chemical Engineering*, Vol. 22, No.10 (1998) 1461-1481.
- [2] Maruejols C. et al.: Development of an Efficient Simulation Tool for Multiproduct Batch Plant Design. *Chemical Engineering and Processing*, 41 (2002), 189-198.
- [3] Peredo C.H. et al.: *Learning Witness*. Lanner Group, Houston 1998.

Ing. Jan Vrzák
 Vysoká škola chemicko-technologická v Praze
 Ústav počítačové a řídicí techniky
 Technická 5, 166 28 Praha 6
 email: vrzak@vscht.cz

Ing. Vladimír Hanta, CSc.
 Vysoká škola chemicko-technologická v Praze
 Ústav počítačové a řídicí techniky
 Technická 5, 166 28 Praha 6
 email: hantav@vscht.cz